

明細書中2引用12の従来技術

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-229646

(43) 公開日 平成9年(1997)9月5日

(51) Int. Cl. [®]	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B	11/24		G 0 1 B 11/24	K
G 0 6 T	7/00		G 0 6 F 15/70	3 2 5
	9/20			3 3 5 Z

審査請求 未請求 請求項の数 1 6 O L (全 1 8 頁)

(21) 出願番号 特願平8-38573

(22) 出願日 平成8年(1996)2月26日

(71) 出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72) 発明者 顧 海松

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72) 発明者 中原 智治

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72) 発明者 荒木 秀和

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

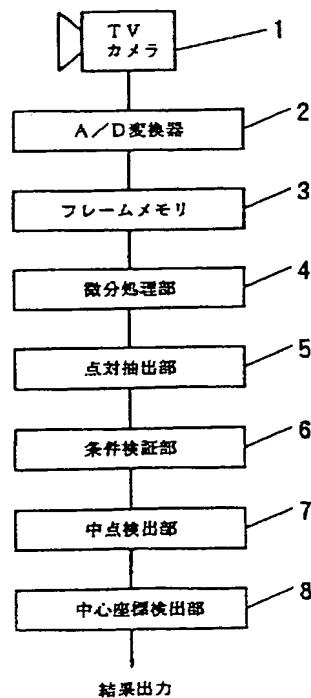
(74) 代理人 弁理士 石田 長七 (外2名)

(54) 【発明の名称】 物体認識方法

(57) 【要約】

【課題】 画像内の認識対象の中心点を求めるに際して認識対象と背景とのエッジを再現性よく検出し代表点の位置を精度よく求める

【解決手段】 TVカメラ1は、着目する境界線の形状が点対称または少なくとも二組の向かい合う辺が平行である多角形となる物体を撮像し、フレームメモリ3に濃淡画像を格納する。微分処理部4は濃淡画像の各画素に関する微分値の変化点を認識対象のエッジとして検出し、エッジ上の各点に関してエッジの方向を規定することができるエッジ方向を求める。点対抽出部5はエッジ上でエッジ方向が等しくなる2点を点対とし、中点検出部7は点対の中点を求め、中心座標検出部8は点対の中点の座標値に関するヒストグラムを作成するとともに、ヒストグラムにおいて最大度数が得られる座標値を認識対象の代表点の座標として採用する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 着目する境界線の形状が点対称または少なくとも二組の向かい合う辺が平行である多角形となる物体を撮像して得た濃淡画像の各画素に関する微分値の変化点を認識対象のエッジとして検出し、エッジ上の各点に関してエッジの方向を規定することができるエッジ方向を求め、エッジ上でエッジ方向が等しくなる 2 点を点対として点対間の中点の座標値に関するヒストグラムを作成し、ヒストグラムにおいて最大度数が得られる座標値を認識対象の代表点の座標として採用することを特徴とする物体認識方法。

【請求項 2】 エッジ上でエッジ方向が等しくなる点対について、点対間の中点が認識対象の代表点付近に位置する点対のみを選択して中点を求めるように制限条件を設定したことを特徴とする請求項 1 記載の物体認識方法。

【請求項 3】 ヒストグラムにおいて最大度数が得られた座標値を中点の座標とする点対により形成される点列が並ぶエッジの特徴量に基づいて認識対象の図形的特徴を抽出することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の物体認識方法。

【請求項 4】 上記点対のうち濃度勾配の差が所定範囲内である点対のみを選択して中点を求めるように上記制限条件を設定したことを特徴とする請求項 2 記載の物体認識方法。

【請求項 5】 上記点対の一方の点に関する濃度勾配の方向を中心線に持ち、中心線から所定の角度範囲内に他方の点が存在する点対のみを選択して中点を求めるように上記制限条件を設定したことを特徴とする請求項 2 記載の物体認識方法。

【請求項 6】 上記点対間の距離が所定範囲内である点対のみを選択して中点を求めるように上記制限条件を設定したことを特徴とする請求項 2 記載の物体認識方法。

【請求項 7】 濃淡画像はカラー画像であって、特定の色範囲の領域に存在する認識対象について中点を求めることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 記載の物体認識方法。

【請求項 8】 上記エッジの一部を削除した残りのエッジについて上記ヒストグラムを作成することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 記載の物体認識方法。

【請求項 9】 上記点列の各点に関する濃度勾配の分布を求め、濃度勾配の分布パターンを既知の分布パターンと比較することにより認識対象の形状を認識することを特徴とする請求項 3 記載の物体認識方法。

【請求項 10】 上記点列の各点に関する濃度勾配の分布を求め、濃度勾配の分布パターンに基づいて認識対象の向きを検出することを特徴とする請求項 3 記載の物体認識方法。

【請求項 11】 上記点列の個数を求め、点列の個数に基づいて認識対象の大きさを検出することを特徴とする

請求項 3 記載の物体認識方法。

【請求項 12】 上記ヒストグラムにおいて最大度数が得られる座標値を代表点の座標に持つ認識対象のエッジを削除する第 1 過程と、第 1 過程後に残ったエッジについて上記ヒストグラムを再度作成する第 2 過程とを繰り返すことにより、複数個の認識対象の代表点の座標を個別に求めることを特徴とする請求項 1 記載の物体認識方法。

【請求項 13】 複数個の認識対象を持つ物体について各認識対象の代表点の座標を求め、求めた代表点の座標の位置関係に基づいて物体の位置および向きを認識することを特徴とする請求項 1 記載の物体認識方法。

【請求項 14】 物体を複数の異なる位置から撮像することにより得た複数の濃淡画像について、それぞれ認識対象の代表点の座標を求め、求めた認識対象の代表点の座標を対応付けした後、三角測量法を適用することにより物体までの距離を求めることを特徴とする請求項 1 記載の物体認識方法。

【請求項 15】 物体を複数の異なる位置から撮像することにより得た複数の濃淡画像について、それぞれ認識対象の代表点の座標を求め、代表点の座標を求めた点対により形成される点列が並ぶエッジの特徴量に基づいて認識対象の図形的特徴を抽出し、各画像内で同一の図形的特徴を有する領域を対応付けした後、三角測量法を適用することにより物体までの距離を求めることを特徴とする請求項 3 記載の物体認識方法。

【請求項 16】 複数個の認識対象を持つ物体を複数の異なる位置から撮像することにより得た複数の濃淡画像について、各認識対象の代表点の座標をそれぞれの画像から求め、各画像内で求めた代表点の座標を対応付けした後、三角測量法を適用することにより各認識対象の代表点の座標の 3 次元空間での位置を求め、代表点の座標の位置関係に基づいて 3 次元空間内での物体の位置および向きを認識することを特徴とする請求項 1 記載の物体認識方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、物体を撮像した画像に基づいて物体の位置や形状を測定する物体認識方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、物体を撮像した画像に基づいて物体の位置や形状を測定する物体認識の技術が種々知られている。この種の物体認識の技術において、画像内で円、楕円、十字形、偶数個の辺を持つとともに向かい合う辺同士が等しい長さを有するような多角形（長方形、正方形、正六角形など）となるような認識対象（プリント基板の位置決め用マークが例示されている）の中心位置を求める方法が、特開平 5-107030 号公報に提案されている。

【0003】上記公報に記載された技術では、認識対象を撮像して得られた濃淡画像を2値化することにより認識対象と背景とを分離している。その後、図25に示すように、水平方向と垂直方向とにそれぞれ走査することによって、水平走査線 L_h および垂直走査線 L_v と認識対象 O_b の境界との交点をそれぞれ求めている。交点は各水平走査線 L_h および各垂直走査線 L_v についてそれぞれ2個ずつ求められるから、各水平走査線 L_h および各垂直走査線 L_v の上の2点間の中点 R をそれぞれ求める。このようにして求めた中点 R のヒストグラムを水平10方向と垂直方向とについてそれぞれ求めると、度数が極大になる点（モード）をそれぞれ水平方向と垂直方向との中点の位置とみなすことができるのである。つまり、認識対象 O_b のエッジ（境界線）に欠けなどの多少の變形が存在していても大部分のエッジが正常な形状であれば、上述のようにして認識対象 O_b の中心位置を求めることができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の方法では、認識対象 O_b と背景とを分離する際に、画素20の濃度値を適宜のしきい値で2値化しているものであるから、認識対象 O_b と背景との間で明るさが緩やかに変化するような場合（たとえば図26に濃度値の変化を例示するような場合）には、設定するしきい値 T_a 、 T_b に応じて認識対象 O_b のエッジの位置が変化することになる。図示例では、しきい値を大きい値に設定すると図27（a）のように2値化後の2値画像では認識対象 O_b が小さくなり、しきい値を小さい値に設定すると図27（b）に示すように2値化後の2値画像では認識対象 O_b が大きくなるのである（適正なエッジの位置を破線30で示す）。したがって、濃度値をしきい値で2値化する方法では認識対象 O_b によっては、しきい値の設定の仕方によってエッジの位置が変化することになり、上述の方法により求めた中心位置と実際の中心位置とのずれが大きくなることもある。

【0005】また、図28（a）のように、認識対象 O_b の中心線が画像の水平方向と垂直方向とのいずれにも一致しない場合には、図28（b）のように中点のヒストグラムに度数が極大になる点が生じないから認識対象 O_b の中心位置を検出することができないことになる。40さらに、上記公報に記載の方法では、水平走査線 L_h および垂直走査線 L_v のそれぞれにおける認識対象 O_b のエッジとの交点のうちの両端の点の中点を用いるから、図29（a）に示すように、1本の走査線（水平走査線 L_h または垂直走査線 L_v ）が複数個の認識対象 O_{b1} 、 O_{b2} を通るとすると、走査線の両端に位置する認識対象 O_{b1} 、 O_{b2} からそれぞれ交点を求めることになる。つまり、上記公報に記載の方法では、複数個の認識対象 O_{b1} 、 O_{b2} が存在するときに図29（b）のように認識対象 O_{b1} 、 O_{b2} の中間位置で度数が最50

大になり、個々の認識対象 O_{b1} 、 O_{b2} の中心位置を求めることができないことになる。また、上記公報に記載の方法では認識対象 O_b の中心位置を求めることはできても認識対象 O_b の形状を認識することはできない。

【0006】本発明は、上記事由に鑑みて為されたものであり、その目的は、画像内の認識対象の中点を求めるに際して認識対象と背景とのエッジを再現性よく検出し、しかも認識対象の向きや個数にかかわらず個々の認識対象の代表点の位置を精度よく求めることができるようにし、さらには、認識対象の形状も認識可能な物体認識方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、着目する境界線の形状が点対称または少なくとも二組の向かい合う辺が平行である多角形となる物体を撮像して得た濃淡画像の各画素に関する微分値の変化点を認識対象のエッジとして検出し、エッジ上の各点に関してエッジの方向を規定することができるエッジ方向を求め、エッジ上でエッジ方向が等しくなる2点を点対として点対間の中点の座標値に関するヒストグラムを作成し、ヒストグラムにおいて最大度数が得られる座標値を認識対象の代表点の座標として採用することを特徴とする。

【0008】この方法では、物体を含む濃淡画像を濃度のしきい値により2値化するのではなく、濃淡画像を微分し微分値の変化点を認識対象のエッジとして検出するから、濃度の変化が比較的緩やかに変化する箇所を含む場合でも再現性よくエッジを抽出することができる。また、エッジ上でエッジ方向が等しい点対間の中点の座標値に関するヒストグラムを作成して最大度数が得られる座標値を認識対象の代表点の座標として採用するから、多数個の点に基づいて認識対象の代表点を統計的に求めることになり、認識対象の代表点の位置を精度よく求めることが可能になる。ここに、エッジ方向はエッジの向きを規定することができる方向であるから、通常は接線方向または法線方向を意味する。

【0009】請求項2の発明は、請求項1の発明において、エッジ上でエッジ方向が等しくなる点対について、点対間の中点が認識対象の代表点付近に位置する点対のみを選択して中点を求めるように制限条件を設定したことを特徴とする。この方法では、制限条件を設けることによって多数の点対のうち認識対象の代表点を求めるのに不要な点対を除去することができるから、比較的少ない処理量で認識対象の代表点を精度よく求めることができる。

【0010】請求項3の発明は、請求項1または請求項2の発明において、ヒストグラムにおいて最大度数が得られた座標値を中点の座標とする点対により形成される点列が並ぶエッジの特徴量に基づいて認識対象の図形的特徴を抽出することを特徴とする。この方法は、認識対象の代表点を決めるのに用いた点対のみからなる点列を

エッジ上の点として用いるから、認識対象の形状をよく反映していると考えられる点列を抽出することになり、このような点列を用いることによって認識対象の図形的特徴を正確に認識することが可能になる。

【0011】請求項4の発明は、請求項2の発明において、上記点対のうち濃度勾配の差が所定範囲内である点対のみを選択して中点を求めるように上記制限条件を設定したことを特徴とする。請求項5の発明は、請求項2の発明において、上記点対の一方の点に関する濃度勾配の方向を中心線に持ち、中心線から所定の角度範囲内に 10 他方の点が存在する点対のみを選択して中点を求めるように上記制限条件を設定したことを特徴とする。

【0012】請求項6の発明は、請求項2の発明において、上記点対間の距離が所定範囲内である点対のみを選択して中点を求めるように上記制限条件を設定したことを特徴とする。請求項4ないし請求項6の発明は、制限条件の具体的な実施態様であって、点対の濃度勾配の差、点対の位置関係などに基づいて認識対象の代表点の位置を求める際に明らかに不要と考えられる点対を除外して認識対象の代表点の位置を求めるから、処理が簡単 20 になるとともに求めた代表点の位置の精度が高くなる。

【0013】請求項7の発明は、請求項1ないし請求項6の発明において、濃淡画像はカラー画像であって、特定の色範囲の領域に存在する認識対象について中点を求めることを特徴とする。このように色範囲を制限することにより、たとえば複数の異なる色の物体について個別に代表点の位置を求める必要がある場合に、各物体を色により個別に識別することが可能になる。

【0014】請求項8の発明は、請求項1ないし請求項6の発明において、上記エッジの一部を削除した残りの 30 エッジについて上記ヒストグラムを作成することを特徴とする。この方法ではエッジの一部を削除した残りのエッジについてヒストグラムを作成するから、複数の物体が存在するのであれば、不要な物体のエッジをあらかじめ削除した上でヒストグラムを作成することにより、無意味な情報が発生しにくくなり、認識対象の代表点の位置を精度よく求めることが可能になる。

【0015】請求項9の発明は、請求項3の発明において、上記点列の各点に関する濃度勾配の分布を求め、濃度勾配の分布パターンを既知の分布パターンと比較する 40 ことにより認識対象の形状を認識することを特徴とする。この方法では、点列の各点に関する濃度勾配の分布パターンを求めるから、濃度勾配の分布パターンのパターンマッチングによって認識対象の形状を認識することが可能になる。しかも、濃度勾配の分布パターンを求める点列は認識対象の中点を求める際に用いた点列であるから、認識対象の形状をよく反映していると考えられ、このような点列から認識対象の形状を求めることにより認識対象の形状を正確に把握することができる。

【0016】請求項10の発明は、請求項3の発明にお 50

いて、上記点列の各点に関する濃度勾配の分布を求め、濃度勾配の分布パターンに基づいて認識対象の向きを検出することを特徴とする。この方法では、点列の各点に関する濃度勾配の分布を求めることにより、濃度勾配の分布パターンに基づいて認識対象の向きを求めることができる。しかも、濃度勾配の分布パターンを求める点列は認識対象の代表点の座標を求める際に用いた点列であるから、認識対象の図形的特性をよく反映していると考えられ、このような点列から認識対象の向きを求めることにより認識対象の向きを正確に把握することができる。

【0017】請求項11の発明は、請求項3の発明において、上記点列の個数を求め、点列の個数に基づいて認識対象の大きさを検出することを特徴とする。この方法では、点列の個数に基づいて認識対象の大きさを求めることができる。しかも、個数を求める点列は認識対象の中点を求める際に用いた点列であるから、認識対象の図形的特性をよく反映していると考えられ、このような点列の個数を求めることにより認識対象の大きさを再現性よく求めることができる。

【0018】請求項12の発明は、請求項1の発明において、上記ヒストグラムにおいて最大度数が得られる座標値を代表点の座標に持つ認識対象のエッジを削除する第1過程と、第1過程後に残ったエッジについて上記ヒストグラムを再度作成する第2過程とを繰り返すことにより、複数の認識対象の代表点の座標を個別に求めることを特徴とする。

【0019】この方法によれば、大きさの異なる複数の認識対象が存在する場合に、大きい認識対象から順に代表点の位置を求めるとともに、代表点の位置を求めた認識対象のエッジを除外してヒストグラムを作成するから、各認識対象の代表点の位置を個別に求めることが可能になる。請求項13の発明は、請求項1の発明において、複数の認識対象を持つ物体について各認識対象の代表点の座標を求め、求めた代表点の座標の位置関係に基づいて物体の位置および向きを認識することを特徴とする。

【0020】この方法によれば、複数の認識対象を持つ物体から各認識対象の代表点の位置関係を求めるから、物体の位置や向きを認識することが可能になる。請求項14の発明は、請求項1の発明において、物体を複数の異なる位置から撮像することにより得た複数の濃淡画像について、それぞれ認識対象の代表点の座標を求め、求めた認識対象の代表点の座標を対応付けした後、三角測量法を適用することにより物体までの距離を求めることを特徴とする。

【0021】この方法によれば、ステレオ画像を用いて認識対象までの距離を求めるに際して、複数の画像を対応付けるために請求項1の方法により求めた認識対象の代表点の位置を用いるから、高い精度で対応付けを行な

うことができる。その結果、認識対象までの距離を精度よく求めることができるのである。請求項 15 の発明は、請求項 3 の発明において、物体を複数の異なる位置から撮像することにより得た複数の濃淡画像について、それぞれ認識対象の代表点の座標を求め、代表点の座標を求めた点対により形成される点列が並ぶエッジの特徴量に基づいて認識対象の図形的特徴を抽出し、各画像内で同一の図形的特徴を有する領域を対応付けした後、三角測量法を適用することにより物体までの距離を求めることを特徴とする。

【0022】この方法によれば、ステレオ画像を用いて認識対象までの距離を求めるに際して、複数の画像を対応付けるために請求項 3 の方法により求めた認識対象の図形的特徴を用いるから、高い精度で対応付けを行なうことができる。その結果、認識対象までの距離を精度よく求めることができる。請求項 16 の発明は、請求項 1 の発明において、複数の認識対象を持つ物体を複数の異なる位置から撮像することにより得た複数の濃淡画像について、各認識対象の代表点の座標をそれぞれの画像から求め、各画像内で求めた代表点の座標を対応付けした後に、三角測量法を適用することにより各認識対象の代表点の座標の 3 次元空間での位置を求め、代表点の座標の位置関係に基づいて 3 次元空間内での物体の位置および向きを認識することを特徴とする。

【0023】この方法によれば、ステレオ画像を用いて 3 次元情報を得るに際して、物体の複数箇所の位置を求め、これらの位置関係に基づいて物体の位置や向きを認識するのであって、複数の画像の対応付けには請求項 1 の方法により求めた認識対象の代表点の位置を用いるから、高い精度でかつ再現性よく物体の 3 次元情報を得ることができる。

【0024】

【発明の実施の形態】

（実施形態 1）本実施形態の装置の概略構成を図 1 にブロック図として示す。この装置は基本的にはコンピュータ装置を用いて実現されるものである。以下で説明する認識対象は点対称な形状とし、代表点が中心である場合について説明するが、必ずしもこれに限定されるものではなく、認識対象としては少なくとも二組の向かい合う辺が平行である多角形も含むものである。この場合、代表点の位置は中心にはならないが、代表点として規定できる位置を求めることができる。また、エッジ方向として以下では基本的に接線方向を用いているが、接線方向と法線方向とのどちらを用いてもよい場合には、法線方向をエッジ方向として用いてもよい。

【0025】TVカメラ 1 は対象となる物体を含む空間領域を撮像するものであって、物体を照明する光源（図示せず）と TVカメラ 1 とは、TVカメラ 1 に入射する物体からの光量と背景からの光量とに十分な差が生じるように位置関係を設定してある。また、TVカメラ 1 に

は入射光量に応じた出力の得られるものが用いられ、TVカメラ 1 の出力は A/D 変換器 2 によりデジタル信号に変換された後に、フレームメモリ 3 に格納される。すなわち、フレームメモリ 3 には濃淡画像が格納される。フレームメモリ 3 に格納された濃淡画像は微分処理部 4 において空間微分が施される。

【0026】微分処理部 4 では、上述のようにして認識対象 O b のエッジ E を求めるとともに、エッジ E 上の各点（画素）に対してそれぞれ濃度勾配がもっとも大きい方向をその点の法線方向（エッジ E にほぼ直交する方向という意味である）として求める。ここに、認識対象 O b は楕円状であって、微分処理部 4 で求めたエッジ E は図 2 のような形状になるものとする。法線方向は図では矢印 n で示してある。微分値の絶対値 $|G|$ を求めるとともに、濃度勾配が最大になる方向（法線方向にほぼ一致：以下、微分方向値という） $|\theta|$ を求める方法には各種の方法が考えられているが、ここでは、ソーベル法を用いている。すなわち、ソーベルオペレータとして周知の演算子を用いて、次式のような演算を行なうのである。いま、着目する画素（点）の座標が (x, y) であって $(x$ は水平方向、 y は垂直方向の座標値であって、ここでは右方向が水平方向の正向き、上方向が垂直方向の正向きであるものとする)、その濃度が $I_{x,y}$ であるとする、各方向の 1 次微分値 G_x, G_y は、次式により表される。

$$G_x = (I_{x-1,y-1} + 2I_{x-1,y} + I_{x-1,y+1}) - (I_{x+1,y-1} + 2I_{x+1,y} + I_{x+1,y+1})$$

$$G_y = (I_{x-1,y-1} + 2I_{x,y-1} + I_{x+1,y-1}) - (I_{x-1,y+1} + 2I_{x,y+1} + I_{x+1,y+1})$$

これらの 1 次微分値 G_x, G_y を用いて、微分値の絶対値 $|G|$ および微分方向値 $|\theta|$ を次式で表すことができる。

$$|G| = (G_x^2 + G_y^2)^{1/2}$$

$$|\theta| = \tan^{-1}(G_y / G_x)$$

微分処理部 4 において、微分値の絶対値 $|G|$ が求まると、適宜のしきい値によって微分値をスライスするとともに、しきい値以上の領域内で絶対値 $|G|$ が極大になる尾根線をエッジ E として抽出することができる。このようにして求めたエッジ E は不連続になることがあるが、後述の方法では統計的手法を用いて認識対象 O b の中心の座標を求めるから、エッジ E が不連続であってもとくに問題は生じない。

【0027】法線方向 n は画像内の水平方向ないし垂直方向を基準として量子化される。たとえば、水平方向右向きを基準線として左回りに角度を設定するとともに等角度間隔で区間を定め、上述のようにして求めた法線方向 n が各区間内に含まれるときに、その区間を代表する角度を割り当てるのである。あるいはまた、方向コードとして知られているように、量子化した角度に整数値を割り当てるようにしてもよい。このようにして法線方向

10

20

30

40

50

n が決定されると、法線方向 n に対して直交する方向をエッジ方向（エッジ E を規定することができる方向という意味である）として定める。ここに、エッジ方向は $0 \sim 180^\circ$ の範囲で定めるものとする。つまり、法線方向 n が 180° 異なる場合にはエッジ方向は等しくなる。エッジ方向は図では直線 t で示してある。

【0028】点対抽出部5では、微分処理部4で求めたエッジ方向 t に基づいて、エッジ方向 t ごとに点を分類して抽出する。また、エッジ方向 t が等しい点を2つずつ組み合わせ対にする。ところで、認識対象 O_b が図2(a)に示すような楕円ないし円のときには、対になる点間を結ぶ線分の中点 C は認識対象 O_b の中心付近を通ると予想される。つまり、画像上での座標と同じ座標空間を有するとともに各座標値に度数値が与えられる図2(b)のような空間を設定し、楕円ないし円の認識対象 O_b について対になる各点間の中点 C の座標を求め、上記空間におけるその座標値の度数に1を加算するという操作を繰り返してヒストグラムを作成すると、対になる点間の中点 C の座標は認識対象 O_b の中心(x_c, y_c)付近でもっとも大きくなる。

【0029】また、認識対象 O_b が点対称となる多角形のとき、たとえば図3(a)のような平行四辺形であるときには、エッジ方向 t の等しい点が多数個存在することになるが、エッジ方向 t が等しいすべての点の対の中点 C を求めたとすると、それらの中点 C の存在確率は認識対象 O_b の中心(x_c, y_c)付近でもっとも高くなると予想される。つまり、対になる点間の中点 C の座標の度数を求めれば、図3(b)に示すように、対になる点間の中点 C の座標は認識対象 O_b の中心(x_c, y_c)付近でもっとも大きくなるようなヒストグラムが得られる。

【0030】ここに、上の議論は認識対象 O_b のエッジ E に欠けや脹らみがない場合を想定しているが、エッジ E に多少の欠けや脹らみが存在していたとしても上述のようにして求めた対になる点の中点 C の存在確率は認識対象 O_b の中心付近でもっとも高くなり、認識対象 O_b の中心の位置を求めることができる。ただし、認識対象 O_b の中心位置を求めるに際して、対になる点のすべての組み合わせについて中点 C を求めることは無駄な組み合わせが多く発生することになるから処理効率が悪い。そこで、条件検証部6において以下に示すような特定条件を満たす点の対を抽出することにより無駄な組み合わせの発生を制限する。要するに条件検証部6では、点対抽出部5で抽出した点の対のうち、それらの点間の中点が認識対象 O_b の中心にはほぼ一致する確率の高い点の対のみを選択するのである。

【0031】無駄な組み合わせを制限する第1の方法は、対として抽出した各点の法線方向 n の差を用いる方法である。すなわち、認識対象 O_b が円、楕円、点対称な多角形であれば、対になる点の中点が認識対象 O_b の

中心に一致するときには、両点の法線方向 n は 180° 異なるから、法線方向 n が 180° 前後異なる点の対のみを選択すれば認識対象 O_b の中心を求めることができると考えられる。そこで、点対抽出部5において抽出された対になる点の法線方向 n の差を求め、その差が所定の範囲内（たとえば、 $180^\circ \pm 5^\circ$ ）である点の対のみを採用する。たとえば、図4のように平行四辺形であれば、同じ辺上の点の対（図では P_1, P_2 ）と対向する辺上の点の対（図では点 P_1, P_3 ）とのエッジ方向 t は等しいが、上述した法線方向 n に関する制限条件を用いると、点 P_1, P_2 の対は除去され、点 P_1, P_3 の対についてのみ中点を求めることになる。つまり、この制限条件を用いるだけで処理量がほぼ半減するのである。

【0032】無駄な組み合わせを制限する第2の方法は、対として抽出した点の一方の法線方向 n によって他方の存在する領域を制限し、他方の点がある領域に存在する対のみを抽出する方法である。ここに、各点は認識対象 O_b のほうが背景よりも高い濃度を有するものとしている。すなわち、点対抽出部5において対になる点として抽出された一方の点を中心とし、その法線方向を中心線とする適宜の角度範囲の領域を設定するのである。いま、図5に示すように、2個の楕円状の認識対象 O_{b1}, O_{b2} が画像内で離れて存在するものとすれば、エッジ方向 t の等しくなる点は画像内に4個あるから点の対は6種類になる。たとえば、図5に示す点 P_4, P_5, P_6 のエッジ方向 t が等しいものとすれば、点 P_4, P_5 の対は認識対象 O_{b1} の中心を決める際に用いることができるが、点 P_4, P_6 の対や点 P_5, P_6 の対の中点はどちらの認識対象 O_{b1}, O_{b2} の中心にも無関係である。そこで、たとえば点 P_4 に着目し、点 P_4 を中心として点 P_4 に関する法線方向 n を中心線とする適宜の角度範囲（たとえば、 $\pm 5^\circ$ ）の領域 D_1 を設定すれば、この領域 D_1 内に含まれるのは点 P_5 のみであるから、エッジ方向 t の等しい他の点（ P_6 など）を考慮することなく点対の中点を求めることができるのである。

【0033】無駄な組み合わせを制限する第3の方法は、対として抽出した点間の距離を用いる方法である。すなわち、図6に示すように、2個の楕円状の認識対象 O_{b1}, O_{b2} が画像内で離れて存在する場合を想定すると、接線方向 t の等しい点は4個存在することになるが、対として抽出された各点間の距離範囲を制限すれば、図に示されている点 P_7, P_8, P_9 については、点 P_7, P_8 のみを選択し、点 P_7, P_9 の対や点 P_8, P_9 の対は中点を求める対の対象としないようにすることが可能である。

【0034】無駄な組み合わせを制限する第4の方法は、認識対象 O_b のエッジ E のうちの特定の成分を無視し、エッジ E の一部のみを用いて中心位置を求める方法

である。たとえば、図 7 に示すように、認識対象 O_b が楕円状であってかつ両側縁が直線となるような形状である場合に、直線部分 E_a から対になる点を抽出すると対になる点の組み合わせが非常に多くなる。これに対して、この認識対象 O_b では曲線部分 E_b のみを用いて中心位置を求めることが可能であるから、認識対象 O_b の中心を求める上では直線部分 E_a を無視しても差し支えない。そこで、点の対から曲線部分 E_b に存在する点の対のみを選択するのである。この方法を採用すれば、認識対象 O_b の中心位置を求めるにあたり、無駄な点の対を用いることなく迅速な処理が可能になる。

【0035】 上述のように直線部分 E_a と局線部分 E_b とを分離するには、次の方法を用いることができる。つまり、エッジ E の上に適宜に設定した始点からエッジ E を追跡し、着目している点の前後の点の方向の関係を求める。たとえば、追跡している前後の点の方向が所定角度（たとえば、10度）以内であるときには、直線部分 E_a とみなし、上記所定角度を越えるときには曲線部分 E_b と判断するのである。

【0036】 第1ないし第4の方法は単独で用いることができるが、これらを適宜に組み合わせて用いるようにすれば、認識対象 O_b の中心位置を求める際に不要な点の対をより確実に除去することができる。たとえば、第2の方法では領域 D_1 が設定される位置によっては一方の認識対象 O_{b1} で設定した領域 D_1 の中に他方の認識対象 O_{b2} において接線方向が同じになる点が含まれることがあるが、第3の方法を併せて採用すれば、このような点を除去できる可能性がある。

【0037】 条件検証部6において選択された点の対について、中点検出部7では両点の中点の座標を求める。中点検出部7では、求めた中点の座標値について図2

(b)、図3(b)を用いて説明したようなヒストグラムが作成される。ここにおいて、条件検証部6での制限条件を適用しているから、図2(b)、図3(b)に示したヒストグラムに比較すると、認識対象 O_b の中心付近の座標の度数に対する他の座標値の度数が大幅に少ない度数分布が得られることになる。つまり、認識対象 O_b の中心座標を求めるに際して不要な情報を大幅に減少させることができ、中心座標を少ない処理で正確に求めることができるようになる。

【0038】 上述したようなヒストグラムでは認識対象 O_b の中点の座標に対応する座標付近の度数が最大になるから、中心座標検出部8ではヒストグラムにおいて度数が最大となる座標値 (x_c, y_c) を求め、これを認識対象 O_b の中心位置の座標として用いる。ここに、度数計数空間の座標値は量子化されているからたいていの場合には1つの座標値の度数が最大になるが、最大度数となる座標値の周囲で同じかほぼ同じになる度数を持つ座標値が発生することがある。このようなときには、度数が所定範囲内である座標値の平均の座標値を中心位置

の座標として用いるようにしてもよい。

【0039】 しかして、図2(a)に示すように認識対象 O_b が楕円であるとすれば、楕円の中心 C にほぼ一致する座標を (x_c, y_c) として求めることができ、また図3(a)に示すように認識対象 O_b が平行四辺形であるとすれば、対角線の交点 D にほぼ一致する座標を (x_c, y_c) として求めることができるのである。以上の処理をまとめると、図8に示すようになる。すなわち、物体を撮像して濃淡画像をフレームメモリ3に格納し(S1)、微分処理部4における微分処理によってエッジ E を抽出するとともに、エッジ E の上の各点の法線方向 n (濃度勾配) を求める(S2)。次に、エッジ E の上で接線方向の等しい点対を求め(S3)、各点対が制限条件を満たしているか否かを判定する(S4)。制限条件を満たすすべての点対について、点対の中点の座標を求め、この座標値のヒストグラムを作成する(S5)。このようにして他に点対がなくなれば(S6)、作成されたヒストグラムから最大度数の座標値を求めてこれを認識対象 O_b の中心の位置とするのである(S7)。

【0040】 以上説明したように、濃淡画像を微分することによって認識対象 O_b のエッジ E を抽出するとともにエッジ方向を求めるから、濃度変化が比較的緩やかな物体であっても濃度勾配の変化点を抽出することが可能になる。つまり、従来のように濃度をしきい値によって2値化するのではなく微分値をしきい値によって2値化することから、物体の境界線を再現正よく抽出することができる。また、上述のような条件を満たす点の対のみを抽出するから、認識対象 O_b を求めるのに際して不必要な点の対を減少させることができ、また複数個の認識対象 O_{b1} 、 O_{b2} が存在するような場合でも、個々に分離して中心位置を求めることが可能になる。

【0041】 本実施形態においては、エッジ E の各点に関する法線方向として、求める処理が簡単であることから濃度変化の勾配方向を便宜的に採用しているが、実際の法線方向 n はエッジの形状に基づいて幾何学的に決定されるものであるから、幾何学的に法線方向ないし接線方向を求める処理を行なうようにしてもよい。

(実施形態2) 本実施形態は、TVカメラ1の視野内に複数の物体が存在し、かつ各物体の色が異なる場合に適用可能な例であって、図9のように特定色抽出部9を設けている点を除いては実施形態1とほぼ同様の構成になる。TVカメラ1にはカラー画像を撮像することができるものを用い、また、フレームメモリ3にはR(赤)G(緑)B(青)などの基本色の組み合わせの形で濃淡画像が格納される。特定色抽出部9では、フレームメモリ3に格納された画像から、所望の色範囲(色相、彩度、明度の少なくとも1つの範囲)を有する領域が抽出される。つまり、複数個の物体を撮像したような場合でも、

物体の色によって認識対象O bを個別に抽出することができるのである。

【0042】以後の処理は実施形態1と同様であり、接線方向が同じである点の対を点対抽出部5で求め、条件検証部6で制限条件を満たす点の対のみを選択し、中点検出部7において対になる点の中点を求めて度数計数空間に度数を与える。このようにして度数を求めた後に、中心座標検出部8において認識対象O bの中心座標を求めるのである。点対抽出部5、条件検証部6、中点検出部7、中心座標検出部8については、実施形態1と同様の機能であるから説明を省略する。

【0043】ここに、フィルタを通してモノクロのTVカメラ1で空間領域を撮像することによっても、特定の色範囲を抽出することができる。この場合は特定色抽出部9は設けなくてもよい。

(実施形態3) 実施形態1は認識対象O bの中心位置を求める技術について説明したが、本実施形態は認識対象O bの中心位置だけではなく形状も併せて求める技術について説明する。本実施形態の装置の概略構成を図10にブロック図として示す。

【0044】図10において図1と同符号を付した構成は同機能を有するが、本実施形態では条件検証部6を設けずに認識対象O bの中心位置を求めている。また、認識対象O bの形状を求めるために、中心位置を求める際に用いたエッジEを抽出するエッジ抽出部10と、エッジ抽出部10で求めたエッジEに基づいて認識対象O bの形状を認識する形状認識部11とを付加してある。すなわち、エッジ抽出部10では認識対象O bの中心位置を求めるときに用いた中点を有する線分の両端の点列の並びからエッジEを求める。また、複数の座標値を平均することによって認識対象O bの中心位置を求めたときには、各座標値についてそれぞれ認識対象O bの中心位置を求めるときに用いた中点を有する線分の両端の点列の並びによりエッジEを求める。

【0045】すなわち、認識対象O bの中心位置を求める処理と同様に、エッジEの上の点対の中点を求める処理を行ない、この中点の位置がすでに求められている認識対象O bの中心から所定の距離範囲内であるときに、その点対を認識対象O bの中心位置を求める際に用いたエッジEとするのである。ところで、形状認識部11においては、以下に説明する方法によってエッジEの特徴量を求め、その特徴量に基づいて認識対象O bの形状を認識する。

【0046】認識対象O bの形状を認識する第1の方法では、エッジ抽出部10においてエッジEを抽出する際に用いた点列に含まれる各点の濃度勾配が最大になる方向の分布を用いる。つまり、実施形態1において法線方向nに用いた値の分布を求めるのである。たとえば、図11(a)に示すように認識対象O bが楕円形である場合には、法線方向nの度数分布が図11(b)のように

なる。図では法線方向nを連続値として表しているが実際には0~360°を18分割あるいは36分割などした離散値になる。したがって、法線方向nの度数分布は正弦波形に近い形になる。また、認識対象O bが図12(a)のように平行四辺形であるとすれば、一つの辺の上の点はすべて同じ法線方向nになるから、図12(b)のように度数の大きい角度は4つの角度であり、また各角度の比率は各辺の長さに比例することになる。したがって、法線方向nの度数分布のパターンにより円(度数分布が直線状)か楕円(度数分布が正弦波状)か多角形(度数のピークが離散して現れる)かを識別することができる。

【0047】形状認識部11では認識対象O bの向きを併せて検出してもよい。認識対象O bの向きを検出するには、0°~360°の範囲の法線方向nの度数を順次求め、度数が最初の極大値となる角度を求める。たとえば、認識対象O bが楕円であれば度数の極大値は0°~360°の範囲で2回現れ、上述のように0°から始めて度数を順次求めると最初の極大値は0°~180°の範囲で出現する。この角度は楕円の長軸に平行な接線方向にほぼ直交するから楕円の長軸の方向を求めることができる。また、認識対象O bが平行四辺形であれば度数の極大値は0°~360°の範囲で4回現れ、0°~90°の範囲で最初の極大値が出現する。この角度は平行四辺形(長方形を含む)の短辺または長辺の方向にほぼ一致する。そこで、これらの極大値のうちの最大値を求め、最大値が2個あれば角度の小さいほうを平行四辺形の向きとして定義する。なお、法線方向nの度数分布の極大値を求めるには、まず角度軸に沿って1次元平滑化して雑音成分を除去した後、1次元微分フィルタをかけることによって微分曲線を求め、次に、角度軸に沿って微分値の符号が正から負に変化する点を求め、この点での度数が所定のしきい値以上であるときに、その点を度数の極大値として採用するのである。

【0048】さらに、形状認識部11では認識対象O bの大きさを併せて検出してもよい。認識対象O bの中心位置を求める際に寄与したエッジEの上の点の個数、すなわち、ヒストグラムにおいてピーク値となる度数は、認識対象O bの周長にほぼ比例していると考えられるから、相似な認識対象O bではヒストグラムでの度数によって認識対象O bの大きさの目安を得ることができる。たとえば、TVカメラ1の視野内に大きさの異なる2個の物体が存在する場合には、画像内には図13(a)に示すような大小2個の認識対象O b₁、O b₂が存在することになる。そこで、各認識対象O b₁、O b₂を実施形態1に説明した方法で個別に認識した上で、それぞれエッジEの上で接線方向が同じになる2点間の中点をとり、ヒストグラムに中点の座標の出現度数をとると、図13(b)のように2個のピークを持つ度数分布が得られることになる。ここに、認識対象O b₁、O b₂が

相似であれば、上述のように、度数の大きさが各認識対象 O_{b1} 、 O_{b2} の面積を反映するから、度数值に基づいて認識対象 O_{b1} 、 O_{b2} の大きさを求めることが可能になる。この方法は、物体が 2 個の場合に限らず 3 個以上であっても適用可能である。

【0049】（実施形態 4）本実施形態は、図 14 に示すように、図 1 に示した実施形態 1 の構成に対して条件検証部 6 を省略するとともにエッジ消去部 12 を付加したものであって、図 15 (a) に示すように画像内に複数の認識対象 O_{b1} 、 O_{b2} 、 O_{b3} が存在し、かつ一部

の認識対象 O_{b1} 、 O_{b2} 、 O_{b3} が重なっている場合において、各認識対象 O_{b1} 、 O_{b2} 、 O_{b3} の中心位置を個別に抽出することを可能にするものである。

【0050】すなわち、点对抽出部 5 において実施形態 1 と同様の方法で選択した点の対について中点を求め、すべての点の対について中点検出部 7 で中点の座標の度数を求めると、ヒストグラムには図 15 (b) のように複数のピークが生じる。ピークとなる各座標には図 15 (c) に示すように認識対象 O_{b1} 、 O_{b2} 、 O_{b3} の中心位置 C_1 、 C_2 、 C_3 とは無関係なピークも含まれているから、認識対象 O_{b1} 、 O_{b2} 、 O_{b3} の中心位置 C_1 、 C_2 、 C_3 を求めるには、何らかの方法で無関係なピークを除去しなければならない。無関係なピークは度数が比較的小さいから、度数の大きいピークについては認識対象 O_{b1} の中心として抽出するのが容易であるが、度数の小さいピークは認識対象 O_{b2} 、 O_{b3} の中心か否かを識別するのが難しい。

【0051】そこで、本実施形態では、エッジ消去部 12 を用いて、度数が最大である座標を中心に持つ認識対象 O_{b1} について、その中心座標を求めるのに寄与した点を含むエッジ E を除去する。その後、残りのエッジ E に対して、点对抽出部 5 で対になる点を再び抽出し、対になる点の中点の座標を求めてヒストグラムを求める。度数が最大の座標を中心に持つ認識対象 O_{b1} のエッジ E を消去した状態では、図 15 (d) のようになるから、ヒストグラムには図 15 (e) のように 2 つ程度のピークしか現れなくなる。この状態で、度数が高いほうの認識対象 O_{b2} についてエッジ E を消去し、残ったエッジ E について再び中点の度数を求め中点の座標を決定する。このような処理をエッジ E がなくなるまで繰り返せば、すべての認識対象 O_{b1} 、 O_{b2} 、 O_{b3} の中心 C_1 、 C_2 、 C_3 を個別に求めることができる。他の構成および動作は実施形態 1 と同様である。

【0052】（実施形態 5）本実施形態は実施形態 1 のように対になる点のうち所定の条件を満たすものから認識対象 O_b の中心を求め、さらに実施形態 3 と同様に認識対象 O_b の形状、向き、大きさなどを求めることができるようにしたものである。したがって、図 16 に示すように、図 1 に示した実施形態 1 の構成に実施形態 3 と同様にエッジ抽出部 10 および形状認識部 11 を付加し

である。

【0053】本実施形態によれば、認識対象 O_b の中心位置を求める際に中心位置を求めるために用いる点の対を制限することによって無駄な処理を低減することができ、しかもヒストグラムにおける不要なピーク値の発生を抑制することができる。さらに、認識対象 O_b の中心の位置だけではなく形状、向き、大きさなども求めることが可能になる。図 16 において図 1、図 10 と同符号を付した箇所は同様に機能する。

【0054】（実施形態 6）本実施形態は認識対象 O_b の形状や向き認識することができるようにしたものであって、物体が比較的複雑な形状を有している場合について適用可能な方法である。すなわち、図 18 (a) に示すように、一つの認識対象 O_b についてエッジ E が円形になる部分 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 が存在する場合などを対象にしている。このような画像が得られる物体は、たとえば円形に開口する孔が 3 個設けられているような物体である。

【0055】本実施形態では図 17 に示すように、図 1 に示した実施形態 1 の構成に形状認識部 11 を付加した構成を有し、この形状認識部 11 の動作に特徴を有するものである。すなわち、条件検証部 6 では実施形態 1 に説明した各方法を適用することによって上記部分 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 の中心を求めるための対になる点を選択し、中点検出部 7 および中心座標検出部 8 において各部分 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 の中心 C_{11} 、 C_{12} 、 C_{13} を求める。形状認識部 11 では、求めた中心 C_{11} 、 C_{12} 、 C_{13} の位置関係を、あらかじめ登録してある位置関係と照合することによって、認識対象 O_b があらかじめ登録されているものか否かを識別するのである。また、登録されている物体であれば、登録されている物体の位置を基準位置として認識対象 O_b の向きを知ることができる。この種の技術はパターンマッチング技術として周知のものを適用することができる。図 17 において図 1 に示したものと同符号を付した部分は同機能を有する。

【0056】（実施形態 7）本実施形態は実施形態 1 ないし実施形態 6 の技術を応用することによって、ステレオ画像の位置合わせを行なうようにし、ステレオ画像に基づく 3 次元計測の精度を向上させようとするものである。すなわち、3 次元計測には各種の技術が知られているが、図 19 のように 2 台の TV カメラ 1a、1b を用いて同じ空間領域を撮像することにより、両 TV カメラ 1a、1b の視差を利用して空間領域の 3 次元情報を得る技術がある。

【0057】この種のステレオ画像を用いた 3 次元計測について簡単に説明する。ステレオ画像を得るには、図 20 (a) に示すように、1 個の物体 N を 2 台の TV カメラ 1a、1b により撮像し、得られた濃淡画像に平行ステレオ変換を施す。ここにおいて、平行ステレオ変換とは、2 台の TV カメラ 1a、1b を光軸および画像内

の水平方向がそれぞれ平行になるように配置するとともに焦点距離を一致させた状態で、両TVカメラ1a, 1bにより得られた画像の中で空間領域の同じ箇所に位置する特定点の垂直方向の座標を一致させるように各画像に変換を施すことである。平行ステレオ変換が施された画像は、図20(b)のようになるから、画像内での特定点の水平方向の位置 x_1 , x_2 を求めると、各TVカメラ1a, 1bに用いたレンズの焦点距離 F 、両TVカメラ1a, 1bのレンズの中心間の距離 B を用いて物体 N までの距離 Z を三角測量法の原理によって、次式で求

$$Z = B \cdot F / (x_1 - x_2)$$

めることができる。しかし、物体 N の特定点として各TVカメラ1a, 1bで得た画像内での認識対象 $O b a$, $O b b$ の中心 $C a$, $C b$ を用いるものとすれば、中心 $C a$, $C b$ を求めるために実施形態1ないし実施形態6で説明した技術を適用することができるのであり、中心 $C a$, $C b$ を精度よく求めることができるから、結果的に中心 $C a$, $C b$ の3次元的位置(TVカメラ1a, 1bから物体 N までの距離)を精度よく求めることができる。

【0058】すなわち、各TVカメラ1a, 1bで撮像された画像は、実施形態1ないし実施形態6で説明したA/D変換器2を入力段に持ち中心座標検出部8を出力段に持つ画像処理装置Aa, Abにより処理され、認識対象 $O b a$, $O b b$ の中心 $C a$, $C b$ の位置を求めることができるのである。中心 $C a$, $C b$ の位置を求めた後の処理は従来周知であって、3次元位置測定部15では上式を適用することによって物体 N までの距離 Z を求めるのである。

【0059】(実施形態8)実施形態7において、図22(a)のように複数個の物体 N_1 , N_2 が存在する場合には、各TVカメラ1a, 1bで得られた画像内に複数個ずつの認識対象 $O b a_1$, $O b a_2$, $O b b_1$, $O b b_2$ が存在することになる。このような場合に、各画像ごとに複数個の中心位置が得られるから、どちらの物体 N_1 , N_2 について求めた中心位置かを識別することが必要である。そこで、本実施形態では、実施形態3と同様の処理を行なって認識対象 $O b a_1$, $O b a_2$, $O b b_1$, $O b b_2$ の形状を認識し、形状別に中心を求めることによって複数の物体 N_1 , N_2 を分離して認識

【0060】図22に示す例では認識対象 $O b a_1$, $O b a_2$, $O b b_1$, $O b b_2$ には楕円と長方形とがあるから、実施形態3の技術によって各認識対象 $O b a_1$, $O b a_2$, $O b b_1$, $O b b_2$ の形状を認識することができる。そこで、図21に示すように、画像処理装置Aa, Abで求めた各認識対象 $O b a_1$, $O b a_2$, $O b b_1$, $O b b_2$ ごとの中心位置を、対応付け処理部16において認識対象 $O b a_1$, $O b a_2$, $O b b_1$, $O b b_2$ の形状ごとに対応付ける。すなわち、両TVカメラ

1a, 1bで得られた画像は水平ステレオ変換により垂直方向の位置合わせが行なわれているから、対応付け処理部16では両画像を通る1本の走査線 L_s の上で同形状の認識対象 $O b a_1$, $O b a_2$, $O b b_1$, $O b b_2$ の中心位置を対応付けるのであり、この対応付けにより各物体 N_1 , N_2 を個別に認識することができ、3次元位置測定部15において各物体 N_1 , N_2 までの距離を個別に求めることができるのである。他の構成および動作は実施形態7と同様である。

【0061】(実施形態9)実施形態8では複数個の物体が存在する場合についての例を示したが、本実施形態では図24(a)に示すように比較的複雑な形状の物体 N について3次元的位置だけではなく、物体 N の向きも検出するようにした例を示す。いま、物体 N は六角形状であって円形に開口する3個の穴 M_1 , M_2 , M_3 が形成されているものとする。この物体 N を2台のTVカメラ1a, 1bにより撮像し、平行ステレオ変換を施すとともに微分処理によってエッジを求めると図24

(b)に示すような画像が得られる。画像処理装置Aa, Abでは各TVカメラ1a, 1bにより得られた画像内での認識対象 $O b a$, $O b b$ について穴 M_1 , M_2 , M_3 に対応する部分 $Q a_1$, $Q a_2$, $Q a_3$, $Q b_1$, $Q b_2$, $Q b_3$ の中心位置を求める。この処理には実施形態6と同様の処理を適用することができる。

【0062】上述のようにして各部分 $Q a_1$, $Q a_2$, $Q a_3$, $Q b_1$, $Q b_2$, $Q b_3$ の中心位置が求められれば、図23に示すように、3次元位置測定部15において実施形態7の方法を用いることにより、穴 M_1 , M_2 , M_3 の3次元的位置を決定することができるのである。このようにして穴 M_1 , M_2 , M_3 の中心の3次元的位置を決定されると、3次元姿勢測定部17ではこれらの中心の位置を用いて物体 N の3次元的位置を検出するのである。他の構成および動作は実施形態7と同様である。

【0063】

【発明の効果】請求項1の発明は、着目する境界線の形状が点対称または少なくとも二組の向かい合う辺が平行である多角形となる物体を撮像して得た濃淡画像の各画素に関する微分値の変化点を認識対象のエッジとして検出し、エッジ上の各点に関してエッジの方向を規定することができるエッジ方向を求め、エッジ上でエッジ方向が等しくなる2点を点対として点対間の中心の座標値に関するヒストグラムを作成し、ヒストグラムにおいて最大度数が得られる座標値を認識対象の代表点の座標として採用するものであり、物体を含む濃淡画像を濃度のしきい値により2値化するのではなく、濃淡画像を微分し微分値の変化点を認識対象のエッジとして検出するから、濃度の変化が比較的緩やかに変化する箇所を含む場合でも再現性よくエッジを抽出することができるという利点がある。また、エッジ上でエッジ方向が等しい点対

間の中点の座標値に関するヒストグラムを作成して最大度数が得られる座標値を認識対象の代表点の座標として採用するから、多数個の点に基づいて認識対象の代表点を統計的に求めることになり、認識対象の代表点の位置を精度よく求めることが可能になるという効果がある。

【0064】請求項2の発明は、エッジ上でエッジ方向が等しくなる点対について、点対間の中点が認識対象の代表点付近に位置する点対のみを選択して中点を求めるように制限条件を設定するものであり、制限条件を設けることによって多数の点対のうち認識対象の代表点を求めるのに不要な点対を除去することができるから、比較的少ない処理量で認識対象の代表点を精度よく求めることができるという利点を有するのである。

【0065】請求項3の発明は、ヒストグラムにおいて最大度数が得られた座標値を中点の座標とする点対により形成される点列が並ぶエッジの特徴量に基づいて認識対象の図形的特徴を抽出するものであり、認識対象の代表点を決めるのに用いた点対のみからなる点列をエッジ上の点として用いるから、認識対象の形状をよく反映していると考えられる点列を抽出することになり、このような点列を用いることによって認識対象の図形的特徴を正確に認識することが可能になるという利点がある。

【0066】請求項4の発明は、上記点対のうち濃度勾配の差が所定範囲内である点対のみを選択して中点を求めるように上記制限条件を設定したものであり、請求項5の発明は、上記点対の一方の点に関する濃度勾配の方向を中心線に持ち、中心線から所定の角度範囲内に他方の点が存在する点対のみを選択して中点を求めるように上記制限条件を設定したものであり、請求項6の発明は、上記点対間の距離が所定範囲内である点対のみを選択して中点を求めるように上記制限条件を設定したものであって、点対の濃度勾配の差、点対の位置関係などに基づいて認識対象の代表点の位置を求める際に明らかに不要と考えられる点対を除外して認識対象の代表点の位置を求めるから、処理が簡単になるとともに求めた代表点の位置の精度が高くなるという利点がある。

【0067】請求項7の発明は、濃淡画像がカラー画像であって、特定の色範囲の領域に存在する認識対象について中点を求めるので、色範囲を制限することにより、たとえば複数個の異なる色の物体について個別に代表点の位置を求める必要がある場合に、各物体を色により個別に識別することが可能になるという利点がある。請求項8の発明は、上記エッジの一部を削除した残りのエッジについて上記ヒストグラムを作成するから、複数個の物体が存在するのであれば、不要な物体のエッジをあらかじめ削除した上でヒストグラムを作成することにより、無意味な情報が発生しにくくなり、認識対象の代表点の位置を精度よく求めることが可能になるという利点がある。

【0068】請求項9の発明は、上記点列の各点に関する

る濃度勾配の分布を求め、濃度勾配の分布パターンを既知の分布パターンと比較することにより認識対象の形状を認識するのであり、点列の各点に関する濃度勾配の分布パターンを求めるから、濃度勾配の分布パターンのパターンマッチングによって認識対象の形状を認識することが可能になる。しかも、濃度勾配の分布パターンを求める点列は認識対象の中点を求める際に用いた点列であるから、認識対象の形状をよく反映していると考えられ、このような点列から認識対象の形状を求めることにより認識対象の形状を正確に把握することができるという利点がある。

【0069】請求項10の発明は、上記点列の各点に関する濃度勾配の分布を求め、濃度勾配の分布パターンに基づいて認識対象の向きを検出するのであり、点列の各点に関する濃度勾配の分布を求めることにより、濃度勾配の分布パターンに基づいて認識対象の向きを求めることができる。しかも、濃度勾配の分布パターンを求める点列は認識対象の中点を求める際に用いた点列であるから、認識対象の図形的特性をよく反映していると考えられ、このような点列から認識対象の向きを求めることにより認識対象の向きを正確に把握することができるという利点を有するのである。

【0070】請求項11の発明は、上記点列の個数を求め、点列の個数に基づいて認識対象の大きさを検出するのであり、点列の個数に基づいて認識対象の大きさを求めることができる。しかも、個数を求める点列は認識対象の中点を求める際に用いた点列であるから、認識対象の図形的特性をよく反映していると考えられ、このような点列の個数を求めることにより認識対象の大きさを再現性よく求めることができるという利点がある。

【0071】請求項12の発明は、上記ヒストグラムにおいて最大度数が得られる座標値を代表点の座標に持つ認識対象のエッジを削除する第1過程と、第1過程後に残ったエッジについて上記ヒストグラムを再度作成する第2過程とを繰り返すことにより、複数個の認識対象の代表点の座標を個別に求めるのであり、大きさの異なる複数個の認識対象が存在する場合に、大きい認識対象から順に代表点の位置を求めるとともに、代表点の位置を求めた認識対象のエッジを除外してヒストグラムを作成するから、各認識対象の代表点の位置を個別に求めることが可能になるという利点を有する。

【0072】請求項13の発明は、複数個の認識対象を持つ物体について各認識対象の代表点の座標を求め、求めた代表点の座標の位置関係に基づいて物体の位置および向きを認識するのであり、複数個の認識対象を持つ物体から各認識対象の代表点の位置関係を求めるから、物体の位置や向きを認識することが可能になるという利点がある。

【0073】請求項14の発明は、物体を複数の異なる位置から撮像することにより得た複数の濃淡画像につい

て、それぞれ認識対象の代表点の座標を求め、求めた認識対象の代表点の座標を対応付けした後、三角測量法を適用することにより物体までの距離を求めるのであり、ステレオ画像を用いて認識対象までの距離を求めるに際して、複数の画像を対応付けるために請求項 1 の方法により求めた認識対象の代表点の位置を用いるから、高い精度で対応付けを行なうことができる。その結果、認識対象までの距離を精度よく求めることができるという利点を有する。

【0074】請求項 15 の発明は、物体を複数の異なる位置から撮像することにより得た複数の濃淡画像について、それぞれ認識対象の代表点の座標を求め、代表点の座標を求めた点対により形成される点列が並ぶエッジの特徴量に基づいて認識対象の図形的特徴を抽出し、各画像内で同一の図形的特徴を有する領域を対応付けした後、三角測量法を適用することにより物体までの距離を求めるのであり、ステレオ画像を用いて認識対象までの距離を求めるに際して、複数の画像を対応付けるために請求項 3 の方法により求めた認識対象の図形的特徴を用いるから、高い精度で対応付けを行なうことができると

いう利点がある。その結果、認識対象までの距離を精度よく求めることができる。

【0075】請求項 16 の発明は、複数の認識対象を持つ物体を複数の異なる位置から撮像することにより得た複数の濃淡画像について、各認識対象の代表点の座標をそれぞれの画像から求め、各画像内で求めた代表点の座標を対応付けした後に、三角測量法を適用することにより各認識対象の代表点の座標の 3 次元空間での位置を求め、代表点の座標の位置関係に基づいて 3 次元空間での物体の位置および向きを認識するものであり、ステレオ画像を用いて 3 次元情報を得るに際して、物体の複数箇所の位置を求め、これらの位置関係に基づいて物体の位置や向きを認識するのであって、複数の画像の対応付けには請求項 1 の方法により求めた認識対象の代表点の位置を用いるから、高い精度でかつ再現性よく物体の 3 次元情報を得ることができるという利点を有する。

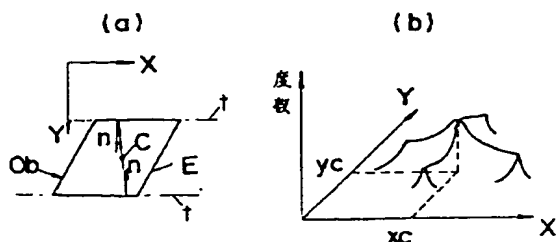
【図面の簡単な説明】

【図 1】実施形態 1 を示すブロック図である。

【図 2】実施形態 1 の原理説明図である。

【図 3】実施形態 1 の原理説明図である。

【図 3】



【図 4】実施形態 1 における制限条件の例を示す図である。

【図 5】実施形態 1 における制限条件の例を示す図である。

【図 6】実施形態 1 における制限条件の例を示す図である。

【図 7】実施形態 1 における制限条件の例を示す図である。

【図 8】実施形態 1 の動作説明図である。

【図 9】実施形態 2 を示すブロック図である。

【図 10】実施形態 3 を示すブロック図である。

【図 11】実施形態 3 の原理説明図である。

【図 12】実施形態 3 の原理説明図である。

【図 13】実施形態 3 の原理説明図である。

【図 14】実施形態 4 を示すブロック図である。

【図 15】実施形態 4 の動作説明図である。

【図 16】実施形態 5 を示すブロック図である。

【図 17】実施形態 6 を示すブロック図である。

【図 18】実施形態 6 の原理説明図である。

【図 19】実施形態 7 を示すブロック図である。

【図 20】実施形態 7 の原理説明図である。

【図 21】実施形態 8 を示すブロック図である。

【図 22】実施形態 8 の原理説明図である。

【図 23】実施形態 9 を示すブロック図である。

【図 24】実施形態 8 の原理説明図である。

【図 25】従来例の動作説明図である。

【図 26】従来例の問題点を説明する図である。

【図 27】従来例の問題点を説明する図である。

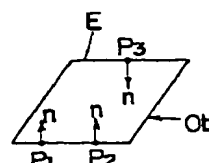
【図 28】従来例の問題点を説明する図である。

【図 29】従来例の問題点を説明する図である。

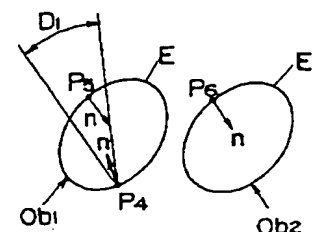
【符号の説明】

- 1 TVカメラ
- 2 A/D変換器
- 3 フレームメモリ
- 4 微分処理部
- 5 点対抽出部
- 6 条件検証部
- 7 中点検出部
- 8 中心座標検出部

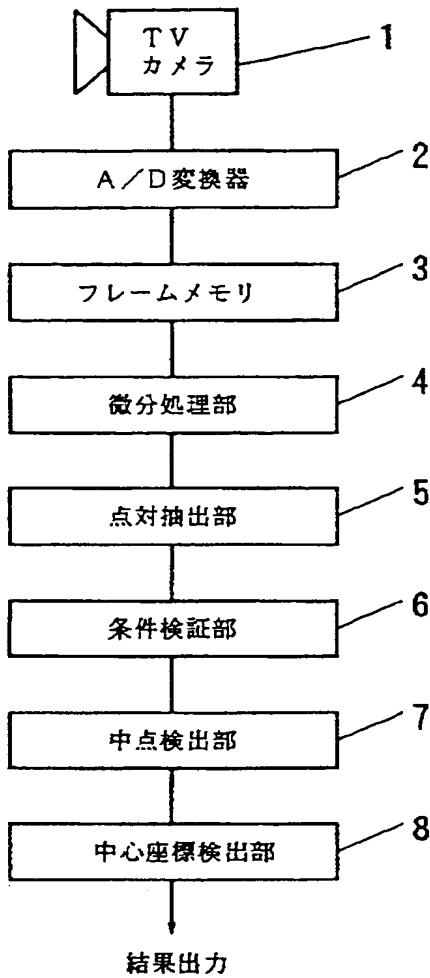
【図 4】



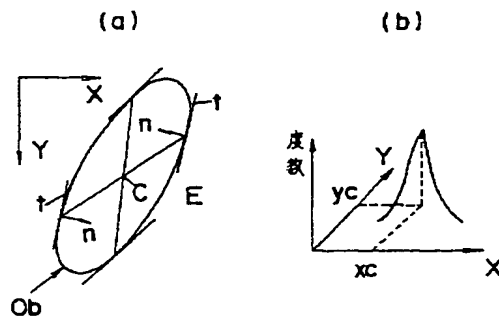
【図 5】



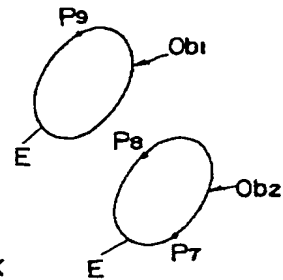
【図 1】



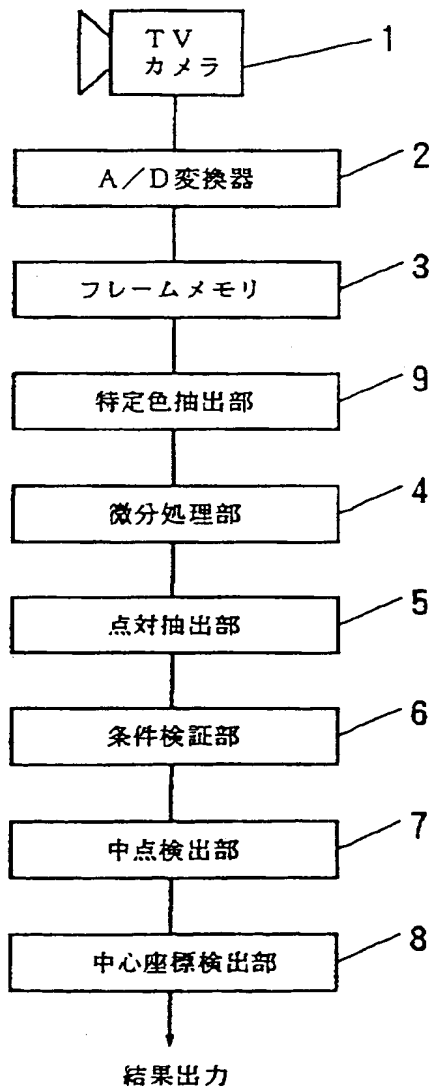
【図 2】



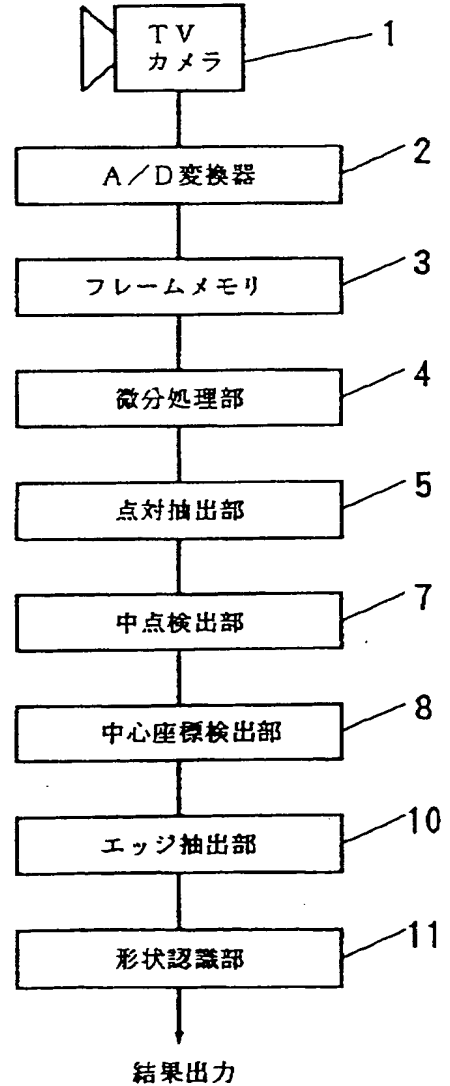
【図 6】



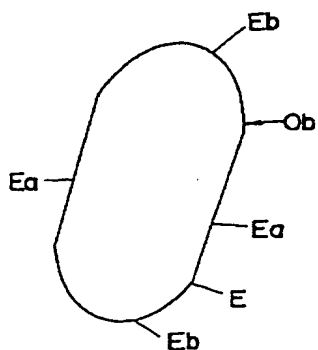
【図 9】



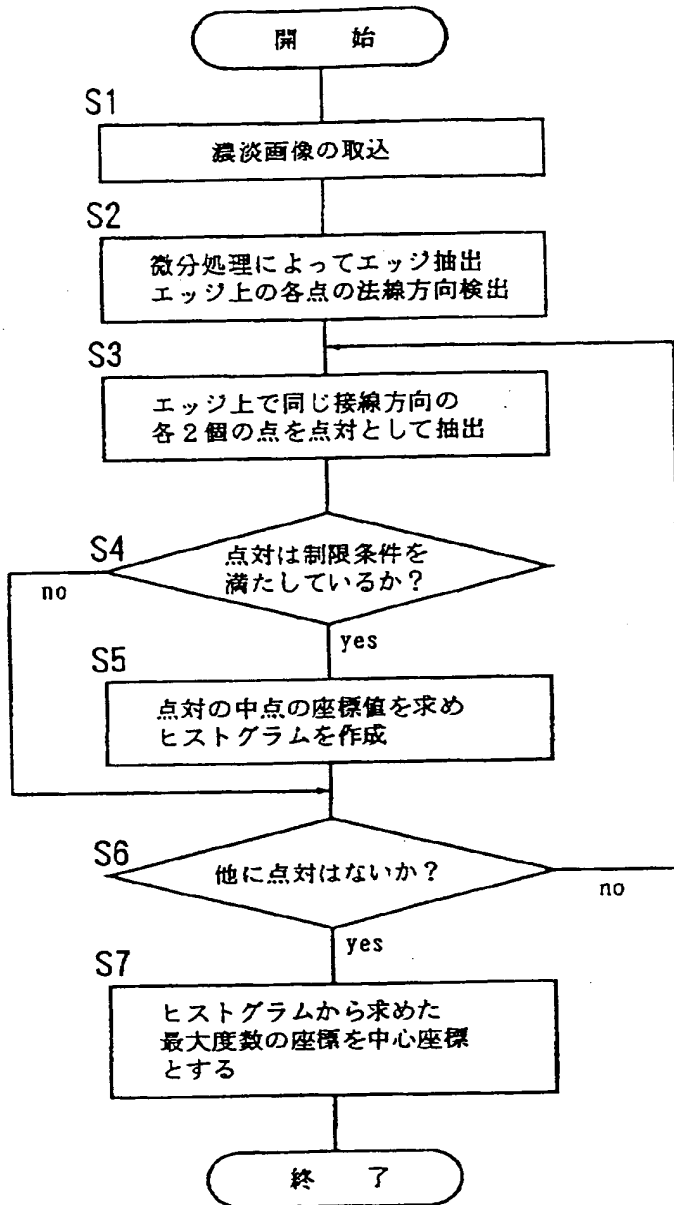
【図 10】



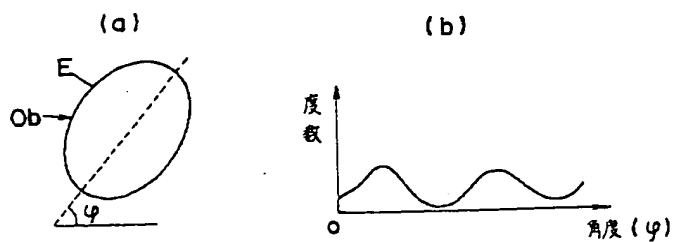
【図 7】



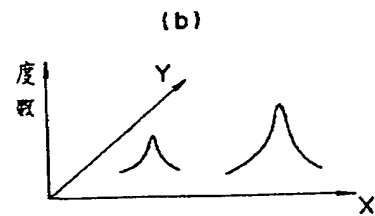
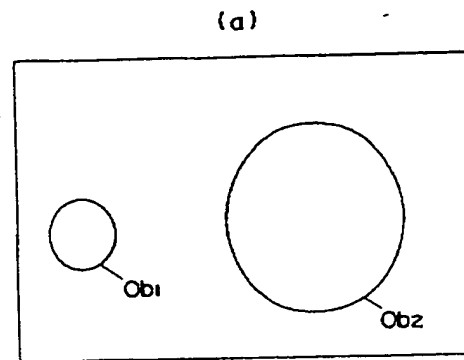
【図 8】



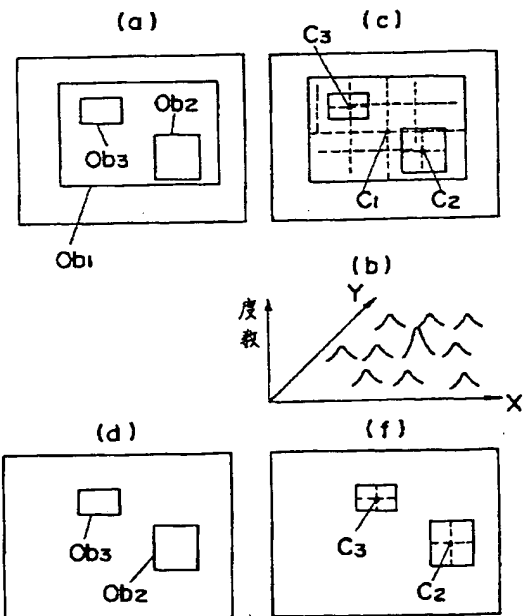
【図 11】



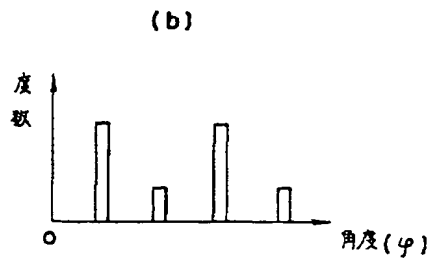
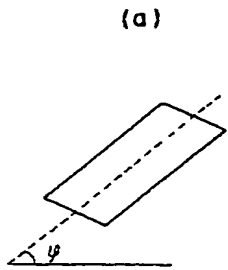
【図 13】



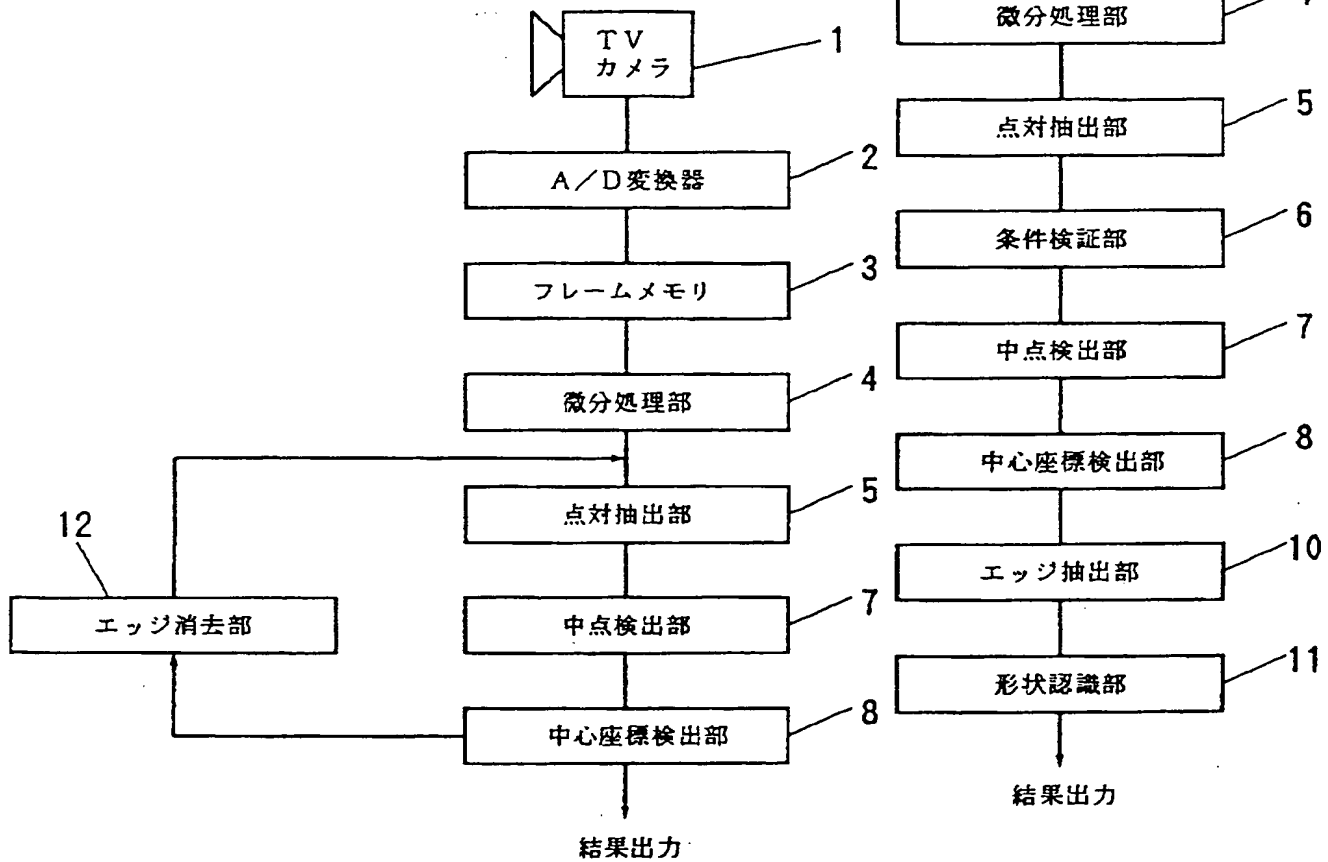
【図 15】



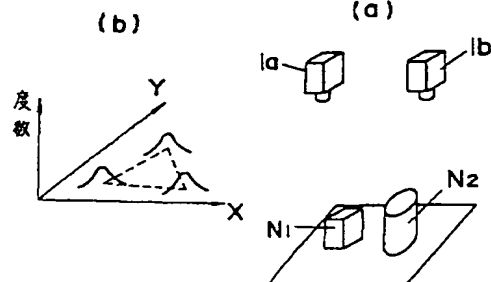
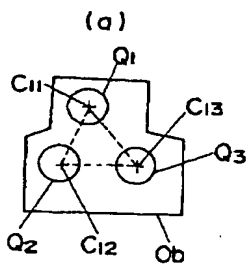
【図 1 2】



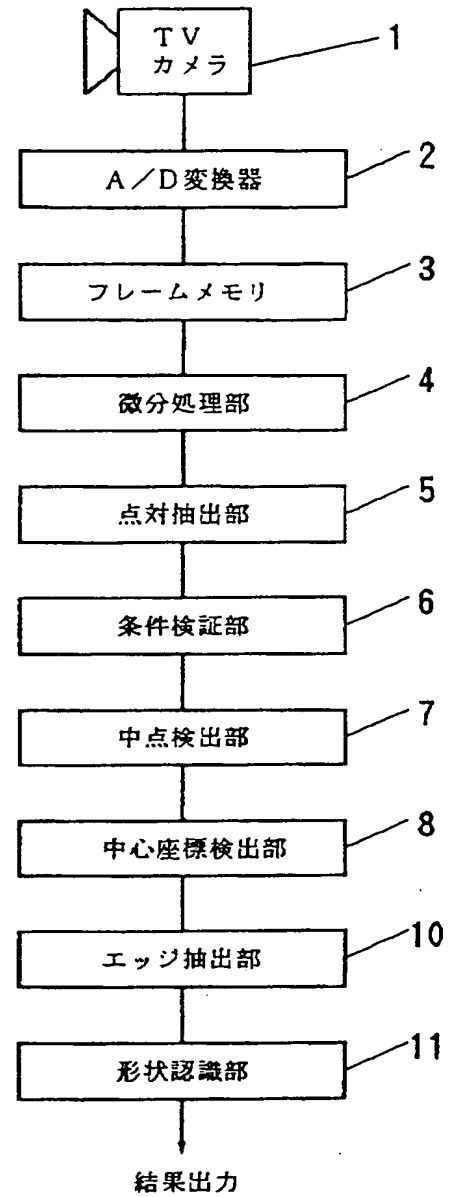
【図 1 4】



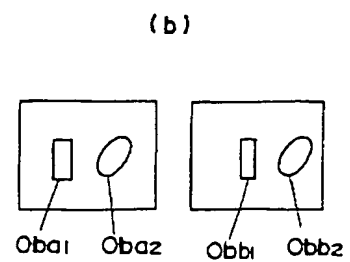
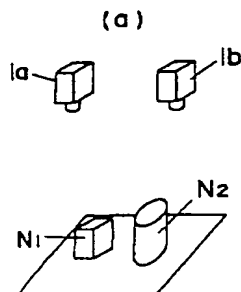
【図 1 8】



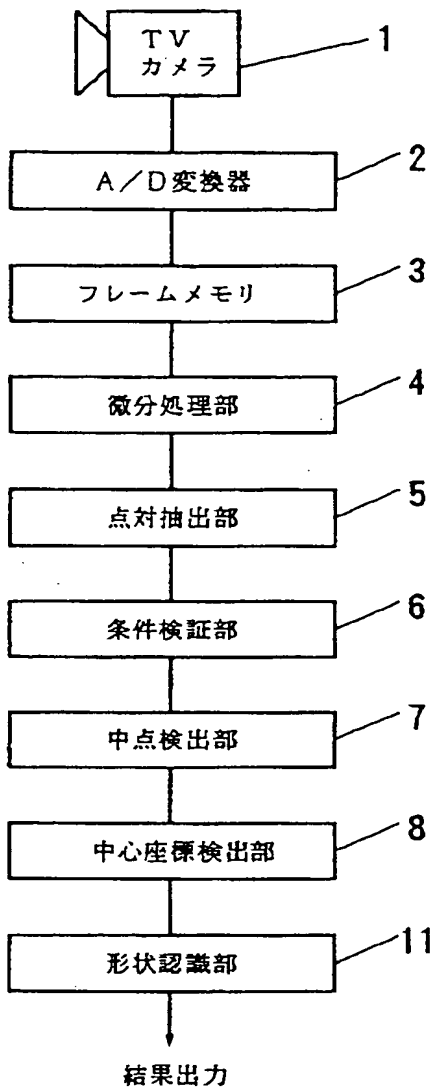
【図 1 6】



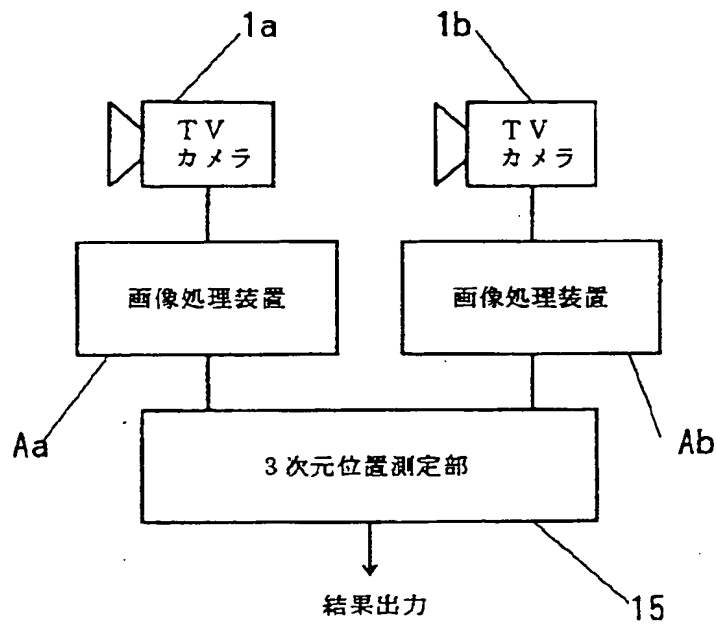
【図 2 2】



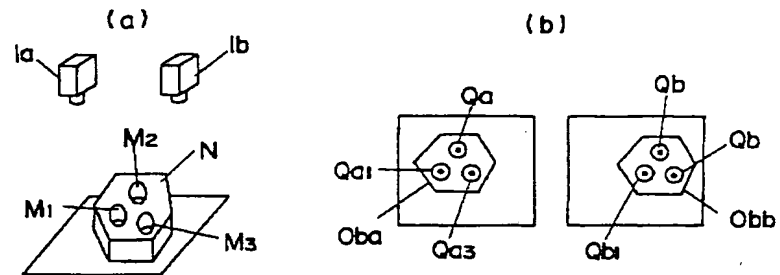
【図 17】



【図 19】



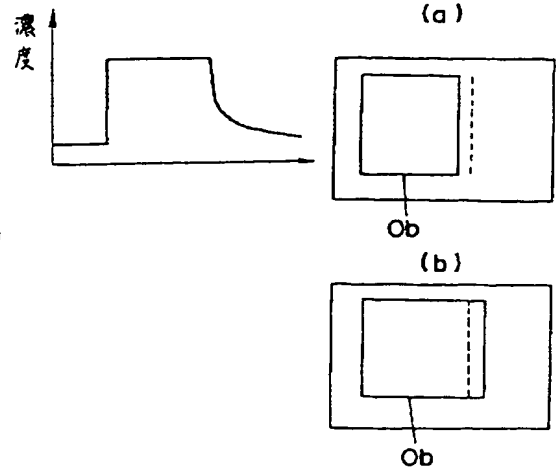
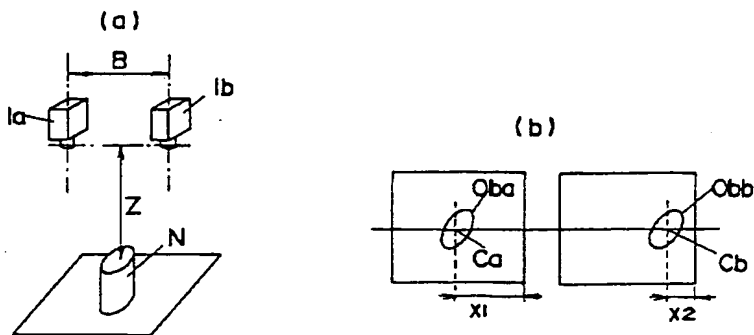
【図 24】



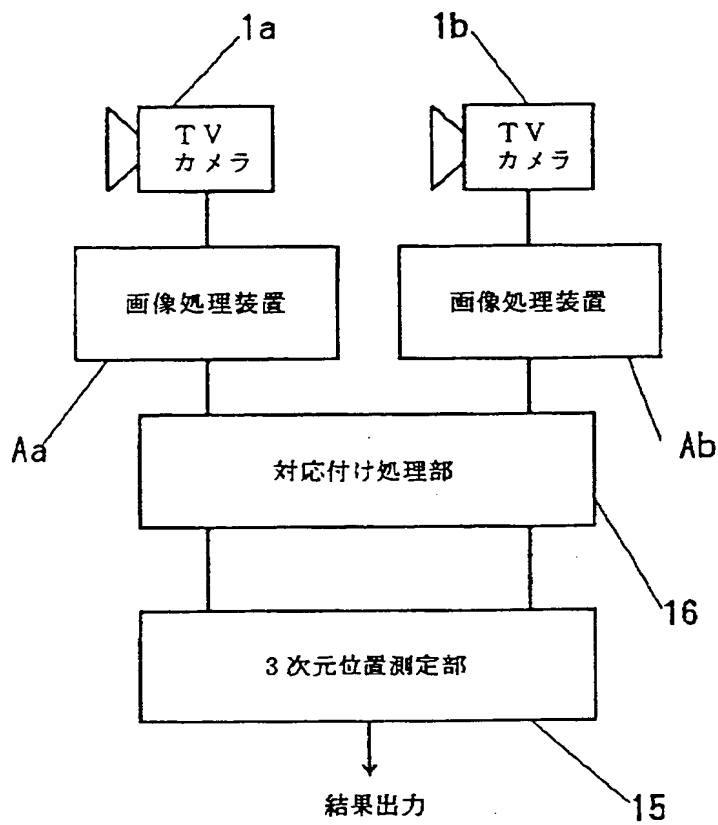
【図 26】

【図 27】

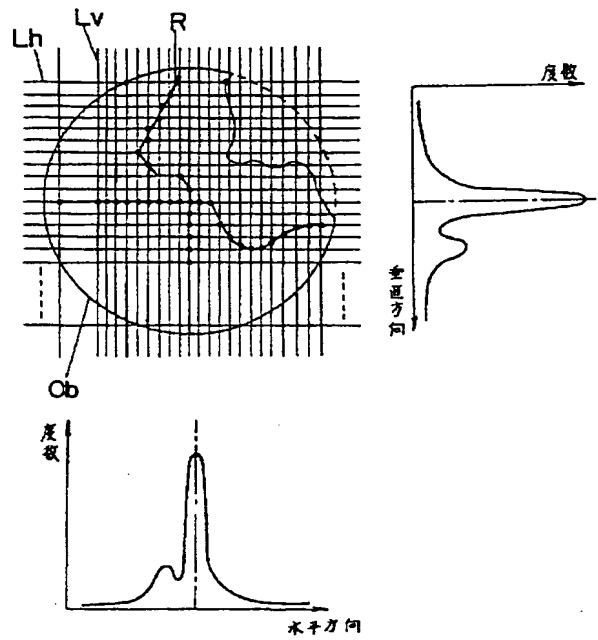
【図 20】



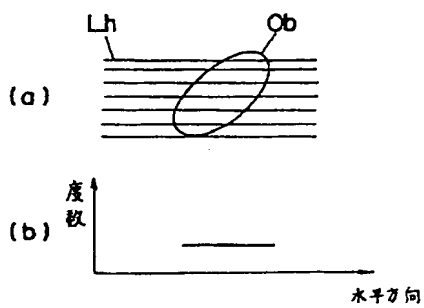
【図 2 1】



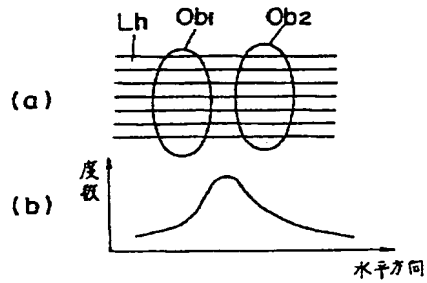
【図 2 5】



【図 2 8】



【図 2 9】



【図 2 3】

